



**Optimization\_Otkaz - Оптимизационный эксперимент**

Имя:  ☐ Исключить

Агент верхнего уровня:

Целевая функция: ☒ минимизировать ☐ максимизировать

☒ Количество итераций:

☐ Автоматическая остановка

Максимальный размер памяти:  Мб

**Параметры**

Параметры:

Параметр	Тип	Значение			
		Мин.	Макс.	Шаг	Начальное
ad_time	дискретный	1	10	1	
col_client	дискретный	3	20	1	
process_time	дискретный	10	40	1	
que	дискретный	1	10	1	
resources	дискретный	1	10	1	

Рис. 5. Настройки оптимизационного эксперимента

1	ad time	col client	process ti	que	resources	otkaz mean
2	4	4	11	2	10	1
3	4	4	11	2	10	832,5
4	4	4	39	9	2	46
5	4	4	39	9	2	46
6	4	4	39	9	2	46
7	4	4	39	9	2	46
8	2	19	12	3	3	72,5
9	3	5	35	2	10	0
10	10	13	34	9	2	339
11	10	13	34	9	2	98,5
12	3	5	38	2	10	1,5
13	3	5	38	2	10	1,5
14	4	4	18	2	10	0
15	3	5	40	2	10	0
16	3	5	40	2	10	0
17	3	5	40	2	10	2
18	3	5	30	2	9	17
19	3	5	37	5	9	20
20	3	5	37	5	9	0
21	4	4	15	2	10	0
22	3	4	11	2	8	0
23	1	3	11	4	1	0

Рис.6. Выходной файл таблицы Excel с данными по оптимизационным экспериментам

## Литература

1. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 13. С. 352-357.
2. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Трусфус М.В., Мокшин В.В. Сравнение систем структурного и имитационного моделирования ANYLOGIC, EXTENDSIM, SIMULINK / Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 15. С. 118-122.

П.С. Медведев, А.Т. Садыкова, А.Л. Нуруллина,  
Г.Л. Нуруллина, В.В. Мокшин

## ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ ПРОЕЗДА ПЕРЕКРЕСТКОВ В СРЕДЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC

(АФ КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева)

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, оптимизация, перекресток, система AnyLogic, ERwin Process Modeler.

*В статье представлена оптимизация перекрестка, а именно оптимизация времени проезда транспортных средств на перекрестках Фахретдина-Ленина и Тукая-Ленина в г. Альметьевск. Приведена имитационная модель работы перекрестка в системе имитационного моделирования AnyLogic. Проведена оптимизация вышеуказанной модели перекрестка за счет человеческих ресурсов средствами системы имитационного моделирования AnyLogic. Обоснованием возможности использования предложенного алгоритма оптимизации являются время проезда перекрестка, а также загруженность дорогов, ис-*



*пользуемых на данном перекрестке, сведенные вместе с результатами имитационного моделирования и оптимизации имитационной модели в таблицу. В качестве подтверждения табличных значений приведено графическое отображение одного из этапов оптимизации, а именно оптимизация исходной модели по времени проезда перекрестков, в системе AnyLogic.*

## Введение

Система – это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство.

Целью данной работы является минимизация проезда перекрестков, предотвращение ДТП и конфликтных ситуаций на дороге. Именно на повышение производительности и нацелена оптимизация систем: определение того, какие именно изменения и куда можно внести, разработка нескольких вариантов подобных изменений, расчет всевозможных рисков и издержек, включая и потерю прибыли вследствие простоя оборудования, а затем выбор оптимального варианта.

Использование средств имитационного моделирования для оптимизации систем позволяет снизить затраты на расчет вариантов оптимизации и выбор оптимального варианта. Актуальной задачей является также моделирование систем безопасности с предметной областью, представленной в работе.

В представленной работе рассматривается оптимизация времени проезда перекрестков Ленина-Тукая, Фахретдина-Ленина средствами среды имитационного моделирования AnyLogic.

## Описание системы работы перекрестка

Машины подъезжая к перекрестку останавливаются перед стоп-линией, если горит запрещающий сигнал светофора, как только загорается зеленый сигнал светофора, машины начинают движение.

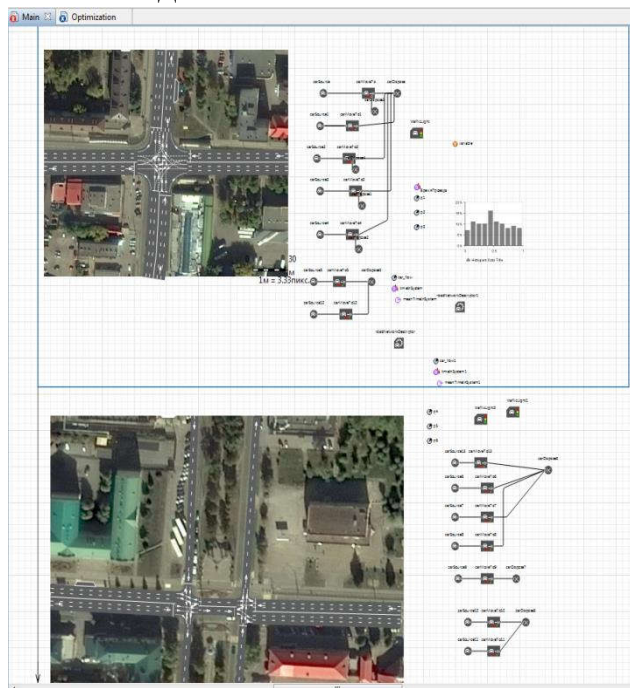


Рис. 1. Модель работы перекрестков в системе AnyLogic



Время моделирования и оптимизация данной модели составляло 60 минут. Результаты оптимизации представлены в таблице 1,2. В результате такой оптимизации время светофора снизилось с 60 секунд (исходная модель) до 58 секунд, с 20 (исходная модель) до 14. Время проезда перекрестка Ленина-Тукая уменьшилось. Время моделирования и оптимизация также составляло 60 минут. Результаты оптимизации представлены в таблице 1,2.

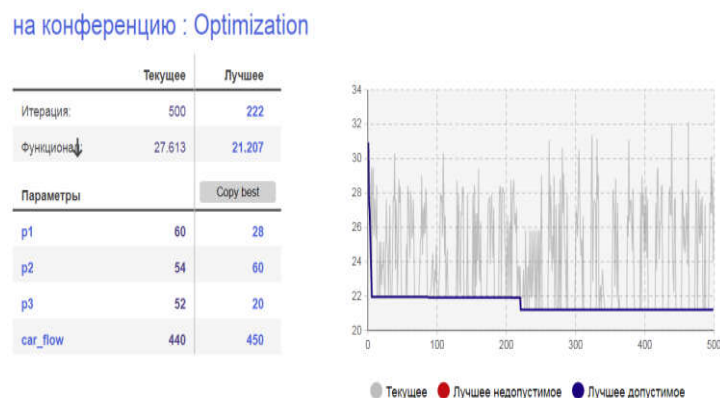


Рис. 2 – Оптимизация исходной модели по времени проезда перекрестка Ленина-Фахретдина в системе AnyLogic

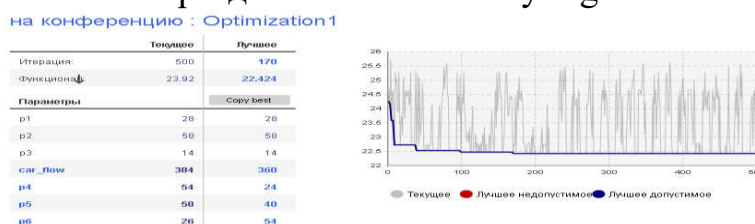


Рис. 3. Оптимизация исходной модели по времени проезда перекрестка Тукая-Ленина в системе AnyLogic

Таблица 1 – Результаты оптимизации модели перекрестка Ленина-Фахретдина

Значение параметра	Исходная модель	Оптимизация исходной модели по времени проезда перекрестка	Оптимизация исходной модели по загруженности	Оптимизация исходной модели по загруженности	Оптимизация модели с повышением нагрузки по времени обработки паллет	Оптимизация модели с повышением нагрузки по загруженности
1	2	3	4	5	6	7
Kol	1,364	2,071	2 005	1 992	2 269	2 206
X1	35,211	34,576	37,408	40,418	819,36	852,03
X2	11,377	23,997	25,934	26,17	31,882	33,986
X3	179,014	188,387	64,535	68,803	6 141,196	6 162,21
SR	28,217	27,921	5,467	6,261	704,954	745,417
Dover	1,497	1,317	0,239	0,275	29,007	31,107



Таблица 2 – Результаты оптимизации перекрестка Ленина-Тукая

Значение параметра	Исходная модель	Оптимизация исходной модели по времени проезда перекрестка	Оптимизация исходной модели по загруженности	Оптимизация исходной модели по загруженности	Оптимизация модели с повышением нагрузки по времени обработки паллет	Оптимизация модели с повышением нагрузки по загруженности
1	2	3	4	5	6	7
Kol	738	2,209	2 005	1 992	2 269	2 206
X1	156,202	46,305	37,408	40,418	819,36	852,03
X2	62,383	16,939	25,934	26,17	31,882	33,986
X3	300,475	215,547	64,535	68,803	6 141,196	6 162,21
SR	45,785	46,305	5,467	6,261	704,954	745,417
Dover	3,303	1,931	0,239	0,275	29,007	31,107

Kol - общее количество проехавших машин, шт, X1 - среднее время нахождения машин на перекрестке, мин, X2-минимальное время нахождения машин на складе, мин, X3 - максимальное время нахождения машин на складе, мин, SR - среднее квадратическое отклонение, мин, Dover - доверительный интервал для среднего.

### Выводы

В процессе моделирования была осуществлена разработка структурной модели перекрестков Ленина-Тукая, Фахретдина-Ленина г.Альметьевск.

Проведена оптимизация имитационной модели работы перекрестков и оптимизация их время проезда. Предложенный алгоритм оптимизации позволяет быстрее проезжать перекресток (с незначительными отклонениями) время нахождения машин на перекрестке, уменьшив при этом дорожные конфликты, ДТП(дорожно-транспортные происшествия), и тем самым снизим затраты на бензин, так как машины не будут задерживаться на перекрестке. Данная оптимизация может быть применяться и на других перекрестках, участках дорог.

### Литература

1. Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Якимов И.М., Захарова З.Х. Вестник Технологического университета, 20, 18, 120-126 (2017).
2. Р.В.Родина. Имитационное моделирование как средство оптимизации процессов производства // Научные достижения и открытия современной молодежи: сборник статей Международной научно-практической конференции в 2 ч. Ч.1. – Пенза:МЦНС«Наука и Просвещение». – 2017. С.75-77
3. Мокшин В.В., Якимов И.М., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М., Вестник Технологического университета, 20, 19, 75-81 (2017).
4. В.В. Мокшин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 3, 89-93 (2009).



5. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, М.В. Трусфус, В.В. Мокшин, Вестник Технологического университета, **20**, 15, 118-122 (2017).

6. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, В.В. Мокшин, Вестник Казанского технологического университета, **17**, 13, 352-357 (2014).

7. В.В. Мокшин, И.М. Якимов, Р.М. Юльметьев, А.В. Мокшин, Нелинейный мир, **7**, 1, 66-76 (2009).

В.В. Мокшин, Н.А. Стадник, Д.Н. Маряшина, А.В. Золотухин

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC В ОРГАНИЗАЦИИ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

(Казанский национальный технический университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань)

Эффективность работы любого транспортного предприятия, в том числе транспортной системы массового обслуживания, можно повысить, применив автоматизированные информационные системы (АИС), которые регистрируют статистические данные о работе предприятия и обрабатывают их. АИС позволяют построить математическую модель функционирования транспортной системы массового обслуживания и провести по ней оптимизацию его работы.

Исследование функционирования системы массового обслуживания проведено по методике, состоящей из следующих этапов [1]:

1. Предварительный анализ объекта исследования и постановка задач.
2. Разработка структурной и имитационной модели.
3. Разработка стратегического плана и проведение имитационных экспериментов.
4. Построение математической модели.
5. Вычисление коэффициентов влияния факторов на изменение результативных показателей эффективности работы модели.
6. Оптимизация.

Для моделирования функционирования транспортной системы массового обслуживания (СМС) отобраны 9 результативных показателей эффективности и 7 влияющих на них факторов, перечень которых приведён в таблице 1. Первые 3 фактора – изменяемые (оптимизируемые), остальные факторы являются объективными [2].

Разработка математической модели процесса функционирования транспортной СМС представлена в виде совокупности уравнений регрессии:

$$y_j = f_j(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7), \quad (1)$$

где  $y_j$  -  $j$ -й результативный показатель эффективности;  $x_i$  -  $i$ -й фактор, влияющий на производственный процесс;  $k$  - количество результативных показателей эффективности.

Задача оптимизации - задача минимизации/максимизации выражается формулой: